

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-141149
 (43)Date of publication of application : 03.06.1997

(51)Int. Cl. B05B 12/08
 B05D 3/00
 B05D 7/14

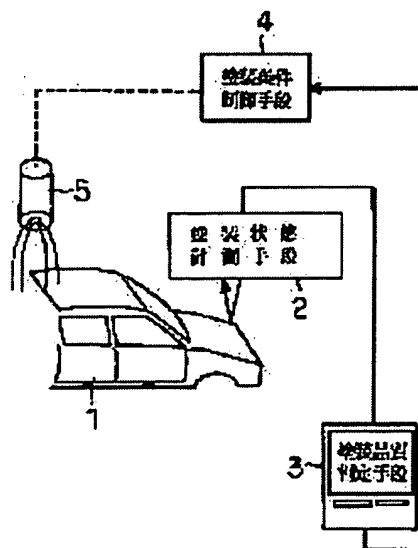
(21)Application number : 07-300914 (71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD
 (22)Date of filing : 20.11.1995 (72)Inventor : YOSHIDA KIYOSHI
 SUZUKI YUTAKA
 WATANABE MASAMI

(54) METHOD FOR CONTROLLING AUTOMATIC COATING MACHINE AND APPARATUS THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure stable coating quality and to enhance coating efficiency by detecting the coating quality of the coating surface of an article coated under a predetermined coating condition by an automatic coating machine and the quality factor affecting the same and controlling the automatic coating machine on the basis of the difference with a quality reference value and the difference with a factor reference value.

SOLUTION: An article 1 to be coated being a body of a car is moved on a coating line at predetermined speed to be coated by an automatic coating machine (coating gun) 5. At this time, in a control apparatus, at first, the coating state of the article 1 to be coated immediately after coating, that is, coating quality (sharpness) and the quality factor affecting the same as measured at the same time by a coating state measuring means 2. Next, those measured values are compared with quality reference values by a coating condition judging means 3 and, when the measured values are shifted from the quality reference values, the correction of the coating condition corresponding to the difference with the reference values and the difference between the measured value of the quality factor and the factor reference value is designated and the coating condition of the automatic coating machine is altered by a coating condition control means 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.05.2000

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3478443

[Date of registration] 03. 10. 2003

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-141149

(43) 公開日 平成9年(1997)6月3日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 0 5 B 12/08			B 0 5 B 12/08	
B 0 5 D 3/00			B 0 5 D 3/00	D
7/14			7/14	L

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平7-300914

(22) 出願日 平成7年(1995)11月20日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 吉 田 清

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 鈴 木 裕

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 渡 辺 正 実

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

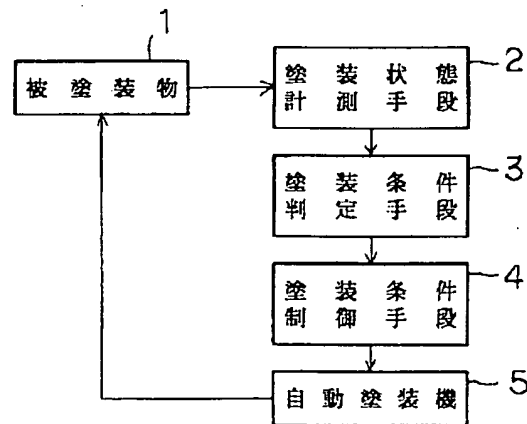
(74) 代理人 弁理士 小塩 豊

(54) 【発明の名称】 自動塗装機の制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】フィードバック制御を行なう自動塗装機の制御において、塗装面の品質が不良である場合、不良となった品質要因が不明であるために塗装状態に合った正確なフィードバック制御を行なうことが困難であった。

【解決手段】 空調された塗装ブース内に搬入した被塗装物を自動塗装機により塗装するに際し、自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗装面の塗装品質とこれを左右する品質要因を検知し、塗装品質の計測値と予め設定された品質基準値の差、および品質要因の計測値と予め設定された要因基準値の差に基づいて得た補正の指令により自動塗装機を制御する自動塗装機の制御方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空調された塗装ブース内に搬入した被塗装物を自動塗装機により塗装するに際し、自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗装面の塗装品質とこれを左右する品質要因を検知し、塗装品質の計測値と予め設定された品質基準値の差、および品質要因の計測値と予め設定された要因基準値の差に基づいて得た補正の指令により自動塗装機を制御することを特徴とする自動塗装機の制御方法。

【請求項2】 空調された塗装ブース内に搬入した被塗装物を自動塗装機により塗装する際の制御装置において、自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗装面の塗装品質とこれを左右する品質要因を検知する塗装状態計測手段と、塗装状態計測手段によって検知された塗装品質の計測値を予め設定された品質基準値と比較し、検知された計測値が品質基準値とずれている場合に、その計測値と品質基準値の差、および塗装状態計測手段によって検知された品質要因の計測値と予め設定された要因基準値の差に基づいて塗装条件の補正を指令する塗装条件判定手段と、塗装条件判定手段からの補正指令に基づいて塗装面の塗装品質が基準となるように自動塗装機を制御する塗装条件制御手段を備えたことを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項3】 請求項2に記載の塗装状態計測手段が、塗装品質である塗装表面の鮮映性と、品質要因である塗膜の非揮発性成分、付着粒子の微粒化度および塗膜厚を計測する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項4】 請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料の非揮発性成分等の塗料条件を入力する塗料条件入力手段と、塗装ガン吹き付け時の塗料の微粒化演算手段と、塗料のシンナー蒸発量を入力するシンナー蒸発量入力手段と、塗料条件入力手段からの非揮発性成分、微粒化演算手段からの微粒化度、およびシンナー蒸発量入力手段からのシンナー蒸発量に基づいて自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗布直後の非揮発性成分を算出する第1の塗着N、V演算手段1と、第1の塗着N、V演算手段で算出された塗布直後の塗膜面の非揮発性成分と塗料条件入力手段からの塗料種情報に基づいて塗布直後の塗膜面の塗料密度を算出する塗料密度演算手段と、測定までの時間を入力する測定時間入力手段と、塗膜面の膜厚を入力する膜厚入力手段と、膜厚入力手段からの膜厚情報、シンナー蒸発量入力手段からのシンナー蒸発量および測定時間入力手段からの測定時間情報に基づいて塗布後の塗膜面の非揮発性成分を算出する第2の塗着N、V演算手段を備えていることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項5】 請求項3に記載の微粒化演算手段が、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手

段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の凹凸波形の波長分布を算出する波長分布演算手段を備え、波長分布演算手段で算出された波長分布に基づいて塗料粒子の微粒化度を算出する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項6】 請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料の粘度等を入力する塗装条件入力手段と、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の粗さを算出する表面粗さ演算手段を備え、表面粗さ演算手段で算出された粗さ度と粗さ度の時間変化量と波長分布演算手段で算出された波長と塗装条件入力手段からの塗装条件から塗膜厚を算出する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項7】 請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の粗さを算出する表面粗さ演算手段を備え、表面粗さ演算手段で演算された粗さ度から塗膜表面の鮮映性を算出する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項8】 請求項4に記載の塗着N、V演算手段が、塗料条件入力手段の塗料の非揮発性成分とシンナー蒸発量入力手段の塗料のシンナー蒸発量と微粒化演算手段の塗料粒子径から求めた塗料粒子の表面積の関係から塗布直後の塗膜面の非揮発性成分を算出する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項9】 請求項5に記載の波長分布演算手段が、塗装表面の凹凸波形のパワースペクトルにおける長波長領域のピーク波長を求める手段であり、微粒化演算手段が、長波長領域のピーク波長の値と予め定めた塗料粒子径との関係から塗料粒子径を算出してそれを微粒化度とする手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項10】 請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗装品質である塗装表面の鮮映性と、これを左右する品質要因である塗膜の非揮発性成分と付着粒子の微粒化度と塗膜厚等を同一の撮像手段および同一の画像処理手段で計測する手段であることを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項11】 請求項2～4、5、6および10に記載の塗装状態計測手段を複数備え、これらの塗装状態計測手段を被塗装物の塗装面の複数箇所に配置したことを特徴とする自動塗装機の制御装置。

【請求項12】 塗装中に被塗装物を移動させるコンベアと、コンベアスピード制御手段を備え、塗装品質の計測値と品質基準値の差および塗膜厚の計測値と設定した膜厚基準値の差に基づいてコンベアスピードを制御する

ことを特徴とする請求項2に記載の自動塗装機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被塗装物を自動的に塗装するのに用いられる自動塗装機の制御方法および制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来において、例えば自動車の車体塗装では、自動塗装機により塗装を行い、塗装後に長時間をかけて塗料を乾燥させたのち、乾燥後の塗装の鮮映性（平滑性、肉持ち性、光沢度）を検査して塗装品質を評価することが行われている。そして、自動塗装機の制御としては、図20に示すように、ブロック101に示す自動車ボディ等である被塗装物の鮮映性（平滑性）をブロック102における平滑性計測手段で評価した後、ブロック103における塗装品質判定手段において鮮映値と所定の基準値とを比較し、鮮映値と基準値がずれている場合には、ブロック104における塗装条件制御手段により、鮮映性が基準値となるようにブロック105の自動塗装機の塗装制御条件（吐出量など）を補正することとなっていた。

【0003】この場合、被塗装物の塗装を行う塗装ブースの空調精度がある程度大まかであっても、被塗装物の塗装面の鮮映性（平滑性）の品質を一定に維持することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般に、被塗装物の塗装品質の良否を決める品質要因としては、塗料吹付け後の塗料の非揮発性成分（以下、「塗着N、V」とする）または塗着粘度、塗膜厚、塗粒子の微粒化度、さらに各種塗装ガンの吹付け条件や塗装の焼き付け条件等が挙げられる。そして、これらの品質要因のうち、塗着N、V（塗着粘度）、塗膜厚および塗粒子の微粒化度は重要な品質要因であり、これらの品質要因をできるだけ塗布直後に精度良く定量的に把握する必要がある、とくに、自動化ラインで次々に塗装を行うような場合には、塗装状態の良否をできるだけ精度良く計測し、速やかに塗装機にフィードバックして次の塗装条件を改善し、常に最良の塗装状態に保つ必要がある。

【0005】しかしながら、上記したような従来の自動塗装機の制御にあっては、被塗装物の塗装品質として鮮映性（平滑性）のみを計測し、その測定した鮮映値が所定の基準値からずれている場合に、鮮映性が基準値となるように自動塗装機の塗装制御条件を補正することとなっていたため、

（1）被塗装物の塗装品質の鮮映性（平滑性）が不良の場合、その原因が塗着N、Vの高過ぎによるものなのか塗膜厚の薄過ぎによるものなのか等が不明であって、不良の塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御をす

ることができない。

【0006】（2）塗装品質の鮮映性（平滑性）が良好の場合でも塗膜の厚すぎによる過剰品質、塗着N、Vの低過ぎによる塗膜の垂れ、微粒化度の小さすぎによる塗着効率の低下等が生じていることがあり、この点についても現状では塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御をすることができない。

【0007】という問題があり、これらの問題点を解決することが課題であった。

【0008】

【発明の目的】本発明は、上記のごとき従来の課題に着目して成されたもので、塗装品質（鮮映性）および品質要因（塗着N、V、微粒化度、塗膜厚）を計測することにより、被塗装物の塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御をすることができ、安定した塗装品質の確保および塗着効率の向上を実現することができる自動塗装機の制御方法および制御装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係わる自動塗装機の制御方法は、空調された塗装ブース内に搬入した被塗装物を自動塗装機により塗装するに際し、自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗装面の塗装品質とこれを左右する品質要因を検知し、塗装品質の計測値と予め設定された品質基準値の差、および品質要因の計測値と予め設定された要因基準値の差に基づいて得た補正の指令により自動塗装機を制御する構成としており、上記の構成を課題を解決するための手段としている。

【0010】本発明に係わる自動塗装機の制御装置は、図1に基づいて説明すると、空調された塗装ブース内に搬入した被塗装物を自動塗装機により塗装する際の制御装置において、自動塗装機（ブロック5）により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物（ブロック1）の塗装面の塗装品質とこれを左右する品質要因を検知する塗装状態計測手段（ブロック2）と、塗装状態計測手段によって検知された塗装品質の計測値を予め設定された品質基準値と比較し、検知された計測値が品質基準値とずれている場合に、その計測値と品質基準値の差、および塗装状態計測手段によって検知された品質要因の計測値と予め設定された要因基準値の差に基づいて塗装条件の補正を指令する塗装条件判定手段（ブロック3）と、塗装条件判定手段からの補正指令に基づいて塗装面の塗装品質が基準となるように自動塗装機を制御する塗装条件制御手段（ブロック4）を備えた構成としており、上記の構成を課題を解決するための手段としている。

【0011】また、本発明に係わる自動塗装機の制御装置は、請求項3として、請求項2に記載の塗装状態計測手段が、塗装品質である塗装表面の鮮映性と、品質要因である塗膜の非揮発性成分、付着粒子の微粒化度および

塗膜厚を計測する手段である構成とし、請求項4として、請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料の非揮発性成分等の塗料条件を入力する塗料条件入力手段と、塗装ガン吹き付け時の塗料の微粒化演算手段と、塗料のシンナー蒸発量を入力するシンナー蒸発量入力手段と、塗料条件入力手段からの非揮発性成分、微粒化演算手段からの微粒化度、およびシンナー蒸発量入力手段からのシンナー蒸発量に基づいて自動塗装機により所定の塗装条件下で塗装された被塗装物の塗布直後の非揮発性成分を算出する第1の塗着N、V演算手段1と、第1の塗着N、V演算手段で算出された塗布直後の塗膜面の非揮発性成分と塗料条件入力手段からの塗料種情報に基づいて塗布直後の塗膜面の塗料密度を算出する塗料密度演算手段と、測定までの時間を入力する測定時間入力手段と、塗膜面の膜厚を入力する膜厚入力手段と、膜厚入力手段からの膜厚情報、シンナー蒸発量入力手段からのシンナー蒸発量および測定時間入力手段からの測定時間情報に基づいて塗布後の塗膜面の非揮発性成分を算出する第2の塗着N、V演算手段を備えている構成とし、請求項5として、請求項3に記載の微粒化演算手段が、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の凹凸波形の波長分布を算出する波長分布演算手段を備え、波長分布演算手段で算出された波長分布に基づいて塗料粒子の微粒化度を算出する手段である構成とし、請求項6として、請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料の粘度等を入力する塗装条件入力手段と、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の粗さを算出する表面粗さ演算手段を備え、表面粗さ演算手段で演算された粗さ度と粗さ度の時間変化量と波長分布演算手段で算出された波長と塗装条件入力手段からの塗装条件から塗膜厚を算出する手段である構成とし、請求項7として、請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗料を塗布した直後の未乾燥塗装表面を撮像する撮像手段と、撮像手段からの画像情報を画像処理する画像処理手段と、画像処理手段で処理された画像処理データに基づいて塗装表面の粗さを算出する表面粗さ演算手段を備え、表面粗さ演算手段で算出された粗さ度から塗膜表面の鮮映性を算出する手段である構成とし、請求項8として、請求項4に記載の塗着N、V演算手段が、塗料条件入力手段の塗料の非揮発性成分とシンナー蒸発量入力手段の塗料のシンナー蒸発量と微粒化演算手段の塗料粒子径から求めた塗料粒子の表面積の関係から塗布直後の塗膜面の非揮発性成分を算出する手段である構成とし、請求項9として、請求項5に記載の波長分布演算手段が、塗装表面の凹凸波形のパワースペクトルにおける長波長領域

のピーク波長を求める手段であり、微粒化演算手段が、長波長領域のピーク波長の値と予め定めた塗料粒子径との関係から塗料粒子径を算出してそれを微粒化度とする手段である構成とし、請求項10として、請求項2および3に記載の塗装状態計測手段が、塗装品質である塗装表面の鮮映性と、これを左右する品質要因である塗膜の非揮発性成分と付着粒子の微粒化度と塗膜厚等を同一の撮像手段および同一の画像処理手段で計測する手段である構成とし、請求項11として、請求項2～4、5、6および10に記載の塗装状態計測手段を複数備え、これらの塗装状態計測手段を被塗装物の塗装面の複数箇所に配置した構成とし、請求項12として、塗装中に被塗装物を移動させるコンベアと、コンベアスピード制御手段を備え、塗装品質の計測値と品質基準値の差および塗膜厚の計測値と設定した膜厚基準値の差に基づいてコンベアスピードを制御する構成としており、上記の構成を課題を解決するための手段としている。

【0012】

【発明の作用】本発明に係わる自動塗装機の制御方法および制御装置では、塗装品質および品質要因を計測し、これらの計測値に基づいて自動塗装機のフィードバック制御を行うことにより、塗装品質が不良となった品質要因を把握して、その品質要因を解消する正確なフィードバック制御を行い、これにより塗装品質を高めることとなる。

【0013】

【実施例】図2は本発明の第1の実施例を示す図であり、本発明を車体の自動塗装ラインに適用した場合を示すブロック図である。

【0014】被塗装物1は、上塗り塗装工程における自動車のボディであって、塗装ライン上を所定の速度で移動しながら塗装される。自動塗装機（塗装ガン）5の制御装置は、塗布直後の被塗装物1の塗装状態すなわち塗装品質（鮮映性）とこれを左右する品質要因（塗着N、V、微粒化度、塗膜厚）を同時に計測する塗装状態計測手段1と、塗装状態計測手段1からの鮮映性の計測値を予め設定された品質基準値と比較し、計測値が品質基準値とずれている場合は、同基準値との差、および塗装状態計測手段により同時に検知された品質要因（塗着N、V、微粒化度、塗膜厚）の計測値と所定の要因基準値との差に見合った塗装条件の補正を指令する塗装条件判定手段2と、塗装条件判定手段2からの補正指令に基づいて自動塗装機5の塗装条件を変更する塗装条件制御手段4を備えている。自動塗装機5は、塗装条件制御手段4からの制御信号に基づき、次の被塗装物1への塗装を行う。

【0015】上記の制御装置における塗装状態計測手段2は、図3に示すように、被塗装物1の塗装表面に対する撮像手段6、画像処理手段7、塗装表面の凹凸波形のパワースペクトルにおける長波長領域のピーク波長を求

める波長演算手段8、波長平均処理手段9、塗料吹き付け時の微粒化度を算出する微粒化演算手段10、第1の塗着N、V演算手段11、塗布直後の塗膜面の塗料密度を算出する塗料密度演算手段12、第2の塗着N、V演算手段13、塗装条件入力手段15、塗料の非揮発性成分等を入力する塗料条件入力手段16、シンナー蒸発量入力手段17、測定までの時間を入力する計測時間入力手段18、表面粗さ演算手段19、膜厚演算手段20、および鮮映性演算手段12を備えている。

【0016】次に、塗装状態計測手段2の塗着N、V演算手段11、13における塗膜面の塗着N、Vの演算原理とシンナー蒸発量入力手段17におけるシンナー蒸発量演算とについて説明する。

$$X_1 = M_1 \times X_0 / (M_1 - V \times S_1 \times t)$$

ただし、 M_1 ：飛行中の塗料粒子の質量

X_0 ：塗布前の塗料のN、V（塗料濃度）

V ：シンナー蒸発速度（単位面積当たりの値）

S_1 ：飛行中の塗料粒子表面積

t ：塗料噴射時点からの経過時間（塗料粒子の飛行時間）

また、上記のシンナー蒸発速度 V は、下記数式2で与えられる。

【0020】

【数式2】

$$V = V(C, T, X_0)$$

ただし、 C ：シンナー混合比

T ：温度（塗料温度または雰囲気温度）

※

$$M_1 = (1/6) \times \pi R^3 \times \rho_0$$

ただし、 R ：塗料粒子径

ρ_0 ：塗料密度

また、塗料粒子表面積 S_1 は、下記数式4で与えられる。

【0022】

【数式4】

$$S_1 = \pi R^2$$

したがって、上記の数式3、数式4を数式1に代入することにより、塗着N、 $V = X_1$ （％）を表す数式として下記数式5が得られる。

【0023】

【数式5】

＊【0017】図4は、塗装ガン（自動塗装機5）から噴射された塗料粒子が被塗装面に付着するまでの状況を示す図である。塗料粒子からは飛行中および付着後に溶剤（揮発性成分）が蒸発し、塗膜が完全に乾燥した状態では非揮発性成分のみが残ることになる。なお、塗料が塗装ガンから噴射された時点から被塗装物1に付着するまでの時間は、塗装ガンと被塗装体との距離によって変わるが、一般に、0.1秒～0.5秒である。

【0018】上記のごとき状況において、付着直後の塗着N、Vを X_1 とすれば、 X_1 は下記数式1で与えられる。

【0019】

【数式1】

＊また、塗料粒子の質量 M_1 は、下記数式3で与えられる。

【0021】

【数式3】

$$\begin{aligned} X_1 &= M_1 \times X_0 / (M_1 - V \times S_1 \times t) \\ &= \frac{(1/6) \times \pi R^3 \times \rho_0 \times X_0}{(1/6) \times \pi R^3 \times \rho_0 - V \times \pi R^2 \times t} \\ &= \frac{(1/6) \times R \times \rho_0 \times X_0}{(1/6) \times R \times \rho_0 - V \times t} \\ &= \frac{X_0}{(1 - \frac{6V \times t}{R \times \rho_0})} \end{aligned}$$

40

単位面積当たりのシンナー蒸発量は、蒸発速度 $V \times$ 時間 t で示される。このシンナー蒸発量 Vt を上記数式1と数式5から求めると、下記数式6に示すようになる。

【0024】

【数式6】

$$V_t = (1/6) \times R \times \rho_0 (X_1 - X_0) / X_1$$

なお、シンナー蒸発量 V_t は上記数式2に示すように、塗装前の塗料の N 、 V （塗料濃度） X_0 とシンナー混合比 C と温度 T との関数であるから、それらの諸量との関係を予め実験で求めて記憶しておき、これを読み出して用いればよいが、上記数式6から求めてもよい。

【0025】上記数式5に示すように、塗装条件が一定であれば、付着後の塗着 N 、 V は、シンナー蒸発量 V_t と塗料粒子径 R と塗料密度 ρ から演算で求めることができる。図3の実施例においては、シンナー蒸発量 V_t はシンナー蒸発量入力手段17から入力した値を用い、塗料粒子径 R は微粒化演算手段10で求めた値を用い、塗料密度 ρ は塗装条件入力手段15から入力した値を用いる。

【0026】次に、撮像手段6について説明する。図5は、撮像手段6の一例を示す断面図である。

【0027】撮像手段6の基本的構成は、光源31、明暗パターン板32、反射鏡33、レンズ34、CDDカメラ35から成る。上記の明暗パターン板32は、所定間隔（例えば1mm間隔）で直線状のスリットが設けられた不透明（または透明板に所定間隔で不透明なストライプパターンを印刷したもの）である。そして光源31空の平行光線を上記明暗パターン板32と反射鏡33とレンズ34とを介して塗装面の斜め方向から照射することにより、被塗装物1上にスリットに対応した縞模様をつくる。この縞模様は、被塗装体上の凹凸に応じて歪んだ波形（例えば図6のごとき）となる。その反射光をCDDカメラ35で撮像し、上記の歪んだ縞模様、すなわち表面粗さの情報を入力するようになっている。

【0028】上記のごとき縞模様の画像情報を画像処理し、パワースペクトル周波数分析（例えば高速フーリエ変換処理：FFT）を行なってパワースペクトルPSを求める。

【0029】図7は、上記パワースペクトルPSの周波数特性図であり、縦軸はパワースペクトルPS、横軸は周波数 f （波長 λ の逆数、 $f = 1/\lambda$ ）である。

【0030】図7において、第1のピーク波形①は、前記スリットに対応した基本縞による基本波形のパワースペクトル、第2のピーク波形②は、塗装表面の凹凸波形の長波長領域（10～1mm程度）に対応したパワースペクトル、第3のピーク波形③は、凹凸波形の中波長領域（1～0.1mm程度）に対応したパワースペクトル、第4のピーク波形④は、凹凸波形の短波長領域（0.1mm以下）に対応したパワースペクトルを示す。

【0031】上記のパワースペクトル波形において、凹凸波形の長波長領域のピーク波長、すなわち第2のピーク波形②のピーク値に対応した波長 λ_p は、後記のごとく微粒化度と相関性があり、それによって微粒化度を測

定することができる。

【0032】図3の実施例においては、画像処理手段7と波長演算手段8とで上記のごとき画像処理とパワースペクトルの演算を行なっている。

【0033】次に、波長平均処理手段9では、次のごとき処理を行なう。

【0034】一般に、自動車の車体塗装のような塗装自動化ラインでは、上塗り、中塗り、或いは塗装色の違い等のように、色々な塗料を用いるため、その塗料の種類に応じた条件を入力する必要がある。また、車体のような大型の被塗装体の場合には、吹き付け面積が大きいため、塗装部位によっては塗装条件が必ずしも均一にならない場合がある。したがって精度のよい計測を行なうためには、塗装表面の複数個所を撮像し、それらの各部位におけるピーク波長 λ_p の平均値を用いて微粒化演算や膜厚演算を行なうことが望ましい。

【0035】図3の実施例は、上記の理由により、撮像手段6では塗装面の複数個所の撮像を行なってその画像情報を順次演算処理し、求められた複数のピーク波長 λ_p を波長平均処理手段9で平均化した値を微粒化演算手段10へ送る。また、塗装条件入力手段15を設けて塗装の種類等に応じた情報を入力し、微粒化演算手段10では、上記の平均化したピーク波長 λ_p の値と塗装条件とに応じて微粒化度を演算するように構成している。

【0036】次に、微粒化演算手段10における微粒化度計測の原理について説明する。

【0037】先ず、図8に基づいて、塗装時における塗装面への塗料粒子の付着と塗装膜面の形成過程について説明する。

【0038】図8(a)に示すように、塗装ガンから塗装面へ向けて微粒化した塗料粒子を吹き付ける。この際、塗料粒子の平均粒子径は、基本的には、塗装条件である塗料速度（下記①、②、③）と空気速度（下記④）と塗料物性（下記⑤）によって決まる。ただし、上記の①～⑤は次の通りである。

【0039】

- ① 塗装ガンの吐出量
- ② 塗装ガンのベル回転数
- ③ 印加電圧
- ④ エア圧
- ⑤ 塗料物性（粘度、表面張力、密度）

なお、ベル回転数とは塗料を微粒化する回転体の回転数であり、印加電圧とは塗料粒子の静電気を付加するため印加する静電圧（50kV程度）であり、エア圧とは、塗料粒子が周辺に飛散ないように周囲に気流の壁を作るための気圧である。

【0040】上記のようにして吹き付けられた塗料粒子は、塗装面に衝突し、つぶれた形で付着する。

【0041】次に、図8(b)に示すように、塗膜形状の初期には、付着した小さな塗料粒子が大きな塗料粒子

に結合され、より大きな粒子を形成する。そして、さらに粒子の結合が進み、表面張力と境界張力とによって初期の塗膜面が形成される。

【0042】上記のように粒子の付着と結合によって塗膜が形成されていくため、初期の塗膜表面状況は大きな塗料粒子の粒子径 r 、粒子衝突速度 v_x 、塗料物性（表面張力 γ 、粘度 η ）等に依存する。例えば、上塗り塗料の場合、初期塗膜表面の凹凸の高さは数～数十 μm 程度であり、また、凹凸の波長分布は3～6 mm 程度の長波長領域が支配的であることが確認された。そして上記の

【0043】次に、図8(c)に示すように、上記の初期塗膜形成後の塗膜表面は、レベリング力（表面張力 γ と重量 g との合成力）によって次第に平坦化して行く。この平坦化速度は上記のレベリング力と塗料物性（表面*

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{3}\pi \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 h$$

$$\therefore r = \left(\frac{\lambda^2 h}{4}\right)^{1/3} = K_o \lambda^{2/3}$$

$$\text{ただし } K_o = \left(\frac{h}{4}\right)^{1/3}$$

上記の理論式をグラフに示すと、図10の破線で示すとき曲線となる。しかし、実際には、付着粒子の結合があるため、図10の実線で示すような特性となる。この実験で求めた特性を数式で示すと、下記数式8のように※

$$r = k_s (\lambda_p - a)^\beta$$

【0022】

ただし k_s : 補正係数

λ_p : 塗膜面の凹凸のピーク波長（前記長波長領域の）

相当)

a, β : 定数

上記のごとき実験で求めた凹凸のピーク波長 λ_p と塗料粒子径 r との関係を、付着粒子の結合を考慮して解析する。

【0049】まず、図11に示すように、付着粒子径 R は、塗布時間が大きくなるに従って順次大きくなる。この関係を数式で示すと下記数式9のように成る。

【0050】

【数式9】

$$R(t) = R_o(t+b)^c$$

ただし R_o : 初期粒子径
 b, c : 定数

なお、図11において、塗布時間とは1ヶ所に塗布する持続時間であり、初期粒子径とは付着前の塗料粒子径であり、付着粒子径とは最初に付着したときの粒子径であ

*張力 γ 、粘度 η ）および膜厚 h によって決定される。例えば、上塗り塗料の場合、平坦化速度は時定数で数十秒～数百秒であることが確認されている。

【0044】次に、塗料粒子径と塗膜面の凹凸との関係について図9～図12に基づいて詳細に説明する。

【0045】図9に示すように、塗装ガンから吹き付けられた塗料粒子の粒子径を r とし、それが付着した付着粒子の幅を $\lambda/2$ 、厚さ（ピーク値）を h とすれば、波長 λ の凹凸を持つ塗膜面が形成される。なお、上記付着粒子の幅 $\lambda/2$ の波長 λ との関係は、実験的に求められたものであり、ほぼこの程度の値になることが確認されている。

【0046】上記の場合における塗料粒子径 r は、下記数式7で示される。

【0047】

【数式7】

※なる。

【0048】

【数式8】

る。この付着粒子径 R は塗布時間が長くなるに従って順次塗布される粒子が係合するので次第に大きくなる。

【0051】また、図12は、塗布時間と塗膜面の凹凸波長との関係を、実測値（破線）と周波数解析によるパワースペクトルから求めた結果とについて比較した特性図である。同図12から判るように、パワースペクトルから求めた値は実測値によく一致している。したがってパワースペクトルから求めた凹凸波長（前記長波長のピーク波長 λ_p ）を用いて付着粒子径 R を求めることができる。さらに、自動塗装機においては、塗布時間は一定であるから、下記数式10によって塗料粒子径 r も求めることができる。

【0052】

【数式10】

$$2r(t) = \lambda_p(t)$$

上記のごとき考察により、基本的には前記数式8により、パワースペクトルから求めた凹凸の長波長領域のピーク波長 λp を用いて、塗料粒子径 r を求めることができる。具体的には、実験で前記図10の特性を求め、それから数式8の各係数 k 、 s 、 a 、 β を予め求めておけば、撮像画像から求めたピーク波長 λp を用いて塗料粒子径 r を求めることができる。

【0053】なお、塗料粒子の粒子径 r は塗料の微粒化の程度に対応しているから、塗料粒子の粒子径 r をそのまま用いて微粒化度を表してもよいし、或いは r の逆

数、もしくは基準値との百分率などを用いて微粒化度を表すこともできる。

【0054】次に、表面粗さ演算手段19と膜厚演算手段20における膜厚演算について説明する。

【0055】図13は、塗装後の塗膜の断面図である。塗装直後には、(a)に示すように、塗装表面は初期の付着粒子の結合によって凹凸状態になっている。そして時間の経過と共に、(b)に示すように、レベリング力によって次第に平滑化され、最終的には、(c)に示すように、平滑化状態となる。本実施例においては、この

ような平滑化減少に着目し、ウェット状態における塗装表面の凹凸状態を測定し、それによって平滑化後、或いは乾燥後の塗装膜厚を算出するものである。

【0056】上記のごときウェット状態における凹凸状態を測定するには、光干渉式表面粗さ計など種々の方法（例えば「機械工学便覧 日本機械学会1989年9月30日 新版3刷発行 B2編 207頁～208頁」に記載）があるが、ここでは撮像手段6で塗装表面を撮像し、その情報を画像処理する方法について説明する。＊

$$\{(P-Q)/k\}^2 = \{(P_0-Q_0)/k\}^2 \exp(-t/\tau)$$

ただし、 P_0 は P の初期値（時点0における値）であり、 Q_0 は Q の初期値である。

【0064】上記数式14において、 P 、 P_0 をそれぞれの補正值 Q 、 Q_0 を含んだ値として、 $(P_0-Q_0) \rightarrow P_0$ 、 $(P-Q) \rightarrow P$ と示せば、数式14は下記数式15のように表せる。

【0065】

【数式15】

$$P = P_0 \cdot \exp(-t/2\tau)$$

また、時定数 τ は下記数式16で示される。

【0066】

【数式16】

$$\tau = 3\eta\lambda^4 / 16\pi^4\gamma h^3$$

ただし、 η は塗料の粘度、 λ は前記の長波長領域のピーク波長、 γ は塗膜の表面張力、 h はウェット状態における膜厚（撮像部分の平均値）である。

【0067】以上から、パワースペクトル解析値による塗装膜厚 h は、下記数式17で示ようになる。

【0068】

＊【0057】まず、パワースペクトル積分値 P による平滑化特性を説明すると、表面の凹凸（ピーク・ツウ・ピーク値）の面積平均値に相当する表面粗さ R_a とパワースペクトル積分値 P とは、図14に示すような関係にあり、下記数式11、数式12に示す関係がある。

【0058】

【数式11】

$$P = Q + k \times \sqrt{R_a}$$

【0059】

10 【数式12】

$$R_a = \{(P-Q)/k\}^2$$

ただし、上式において、 Q は粗さ補正值、 k は粗さ変換係数である。

【0060】パワースペクトル解析値による平均化理論式の導出では、まず、ウェット塗膜平均化理論式（近似式）として、表面粗さ度 R_a は下記数式13で表される。

【0061】

20 【数式13】

$$R_a = R_{a0} \cdot \exp(-t/\tau)$$

ただし、 R_{a0} は R_a の初期値（時点0すなわち塗装直後の値）、 t は塗装後の経過時間である。また、 τ は粘性流体の基本式から導出された時定数であり、後記数式18に示すごときものである。

【0062】上記数式12を数式13に代入すると、下記数式14が得られる。

【0063】

【数式14】

【数式17】

$$h = \{(\log P_1 - \log P_2) / \left(\frac{-t_1}{2\tau'_1} + \frac{t_2}{2\tau'_2} \right)\}^{1/3}$$

ただし、 P_1 は時点 t_1 におけるパワースペクトル積分値 P の値、 P_2 は時点 t_2 （ただし $-t_1 < t_2$ ）における P の値である。なお、 τ'_i は下記数式18で示される。

40 【0069】

【数式18】

$$\tau'_i = 3\eta(t_i) \cdot \lambda^4 / 16\pi^4\gamma$$

ただし、 $i = 1, 2$ であり、 $\eta(t_i)$ は塗料の粘度が塗装後の経過時間の関数であることを示す。すなわち、塗装条件入力手段15から入力するのは、塗装前における塗料の粘度 η であるが、塗装後の塗着粘度は、塗装後の経過時間に応じて変化する値 $\eta(t_i)$ となる。この値は、塗料組成（塗料内の揮発成分の割合等）や風速などによって定まる値である。

【0070】上記数式17から判るように、塗料の粘度 η 、塗膜の表面張力 γ 、凹凸波形の長波長領域のピーク波長 λ 、塗装後の2つの時点 t_1 、 t_2 におけるパワースペクトル積分値 P の値から、ウェット状態における膜厚 h を求めることができる。上記の各数値のうち、塗料の粘度 η と塗膜の表面張力 γ は、塗料の特性によって定まる値であるから、予め判っている値を入力し、長波長領域のピーク波長 λ とパワースペクトル積分値 P の値は、前記画像情報を処理した値を用いる。

【0071】図15は、上記数式17を用いた平滑化理論値と測定値を比較したウェット平滑化特性（パワースペクトル積分値 P ）を示す特性図である。図15において、横軸は塗装後の経過時間、縦軸はパワースペクトル*

*積分値 P である。

【0072】上記の測定は、塗布直後の画像を撮像手段6で撮影し、パワースペクトル解析を行ったものである。図15から、測定値は理論値とほぼ一致した平滑化特性となっていることがわかる。

【0073】また、表1は、膜厚 $60\mu\text{m}$ と $54\mu\text{m}$ の2つのサンプルに対して、上記数式17の推定式を用いて膜厚 h を計測した結果を示す表である。

【0074】表1に示すように、数 μm の精度で計測可能であることが判る。

【0075】

【表1】

$t(\text{sec})$	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	平均値
$h(\mu\text{m})$						
60	63.0	61.1	60.9	57.7	59.6	60.5
54	56.8	59.1	56.6	49.5	53.0	55.0

【0076】図3の実施例においては、撮像手段6、加増処理手段7、波長演算手段8、表面粗さ演算手段19、膜厚演算手段20において、上記のごとき処理を行ない、撮像個所の膜厚 h を求める。

【0077】また、前記数式17においては、塗装後の2つの時点 t_1 と t_2 における2つの値 P_1 、 P_2 を用い、粗さ情報の時間変化量を用いて演算している。そのため、塗装後の2つの時点で同一個所を撮像する必要がある。このためには、塗装ライン上の車体の移動に合わせて撮像手段6を移動させる必要があるため、装置が複雑になる。それを避けるためには、次のような方法がある。すなわち、被塗装体である車体の他に、テストピースを用意して被塗装体と同じ条件で塗装を行ない、時点 t_1 （例えば $t_1 = 10$ 秒、 $t_1 < t_2$ ）における値 P_1 は、テストピースの画像情報を処理して求めた値を用いるようにする。このようにすれば、撮像手段6は時点 t_2 （例えば塗装1～2分後）において1回のみの撮像を行なえばよい。

【0078】次に、塗装条件判定手段3の作用を図17に基づいて説明する。

【0079】塗装条件判定手段3は、ステップS1において、塗装品質が不良すなわち平滑性 H の測定値が下限値（ H_{\min} ）以下（NG）の場合には、ステップS2において品質補正係数 $\Delta H = 1$ としたのち、ステップS3において、品質要因の微粒化度 R を上下限の設定管理幅（ R_{\max} 、 R_{\min} ）と比較し、微粒化度 R が上下限の設定管理幅以外（NG）であれば、ステップS4に

において、所定値 R_0 との差に見合った $\Delta r = K r (R - R_0)$ を塗装機への回転数補正值とし、その補正值を塗装条件制御手段4に送る。また、ステップS5において、塗膜厚 h が上下限の設定管理幅以外（NG）であれば、ステップS6において、所定値 h_0 との差に見合った $\Delta T = K t (h - h_0)$ を自動塗装機5への吐出量補正值とし、さらに、ステップS7において、塗着 N 、 $V(N)$ が上下限の設定管理幅以外（NG）であれば、ステップS8において、所定値 N_0 との差に見合った $\Delta C = K c (N - N_0)$ を塗料シンナー条件の補正值とする。

【0080】次に、塗装品質が良すなわち平滑性 H の測定値が下限値（ H_{\min} ）以上（OK）の場合には、ステップS9において品質補正係数 $\Delta H = H - H_0$ としたのち、ステップS10において品質要因の微粒化度 R が下限の設定値（ R_{\min} ）以下（NG）であれば、微粒化度が低く塗着効率低下と判断して、先のステップS14において、平滑性 H と所定値 H_0 との差（ $\Delta H = H - H_0$ ）と微粒化度 R と所定値 R_0 との差に見合った $\Delta r = \Delta H \times K r (R - R_0)$ を塗装機への回転数補正值とし、その補正值を塗装条件制御手段4に送る。

【0081】また、ステップS11において、塗膜厚 h を設定値（ h_0 ）と比較し設定値以上（NG）であれば、塗装の厚塗り状態と判断し、ステップS6において平滑性 H と所定値 H_0 との差（ $\Delta H = H - H_0$ ）と塗膜厚 h と所定値 R_0 との差の見合った $\Delta T = \Delta H \times K t (h - h_0)$ を自動塗装機5への吐出量補正值とし、さ

らに、ステップ S 12において、塗着 N、V (N) が下限の設定値 (N_{min}) 以下 (NG) であれば垂れの発生可能性有りと判断し、ステップ S 8において、平滑性 H と所定値 H_0 との差 ($\Delta H = H - H_0$) と塗着 N、V (N) と所定値 N_0 との差に見合った $\Delta C = \Delta H \times K_c (N - N_0)$ を塗料シンナー条件の補正值とする。このように塗装品質 (平滑性) が良好な場合でも、塗着 N、V 等の塗装状態計測値と各所定値との比較により最適な塗装条件の指示を塗装条件制御手段 4へ送ることができる。

【0082】なお、各比較ステップにおいて計測値が良好 (OK) であると判断したときには、ステップ S 13において制御無修正とする。

【0083】そして、塗装条件制御手段 4は上記の塗装条件判定手段 3からの各補正值に基づいて自動塗装機 5の塗装条件を変更する。自動塗装機 5は上記塗装条件制御手段 4からの制御信号に基づき、次の被塗装物 1への自動塗装を行なう。以上の自動塗装機 5の制御を行なうことにより、自動塗装ラインでも狙い通りの安定した塗装品質の確保と無駄塗装のない最適な塗装制御が行なわれる。

【0084】図 18は本発明の第 2の実施例を説明するブロック図である。

【0085】この実施例は本発明の第 2の実施例を説明するブロック図である。

【0086】この実施例は複数の塗装状態計測手段 2A、2B、2Cを備え、同時に被塗装物 1の塗装面の複数箇所の塗装品質 (平滑性) および品質要因 (塗着 N、V、微粒化度、塗膜厚) を計測する。そして、塗装状態計測手段 2A～2Cの後に設けた平均処理手段 41で、複数の部位について計測した塗装品質 (平滑性) および品質要因 (塗着 N、V、微粒化度、塗膜厚) のそれぞれの平均化した値を求め、その値を塗装条件判定手段 3へ送る。

【0087】ここで、上記塗装状態計測手段 2A～2Cは、先の図 3に示す構成のように、塗装品質である塗装表面の鮮映性 (平滑性) と品質要因である塗膜の塗着 N、V (非揮発性成分) と付着粒子の微粒化度と塗膜厚等を同一の撮像手段 (すなわち図 4に示す撮像手段 6) と、同時の画像処理手段 (すなわち図 5に示す画像処理手段 7) で計測する構成とすることにより、装置の簡略化を図っている。

【0088】上記の構成により、被塗装物 1の複数部位の塗装品質 (平滑性) および品質要因 (塗着 N、V、微粒化度、塗膜厚) を迅速に測定し、塗装品質 (平滑性) および品質要因 (塗着 N、V、微粒化度、塗膜厚) のそれぞれの平均値を算出することができるので、塗装状態に合わせたさらに正確なフィードバック制御を行なうことができる。

【0089】図 19は本発明の第 3の実施例を説明する

ブロック図である。

【0090】この実施例は被塗装物 1を搬送するコンベア 42のコンベアスピード制御手段 43を設けることにより、塗装条件判定手段 3で指示していた平滑性 H と所定値 H_0 との差 ($\Delta H = H - H_0$) および塗膜厚 h と所定値 h_0 との差に見合った吐出量補正值 $\Delta T = \Delta H \times K_t (h - h_0)$ の代わりに、平滑性 H と所定値 H_0 との差 ($\Delta H = H - H_0$) および塗膜厚 h と所定の基準値 h との差に見合ったコンベアスピード補正值 $\Delta V = \Delta H \times K_v (h - h_0)$ をかけることができ、上記の構成により、吐出量の制御だけでなく自動化ラインのコンベアスピードの制御によっても塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御をすることができる。

【0091】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明の請求項 1に係わる自動塗装機の制御方法によれば、塗装面における塗装品質とこれを左右する品質要因を計測して、計測値と基準値との差に基づいて自動塗装機をフィードバック制御することから、塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御を行なうことができ、塗装品質を大幅に向上させることができると共に、塗着効率の向上などを図ることができる。

【0092】本発明の請求項 2に係わる自動塗装機の制御装置によれば、被塗装物の塗装状態が不良の場合に、塗着 N、V、微粒化度および塗膜厚等の品質要因の各測定値とそれぞれの基準値との誤差に見合った補正を行なうことから、塗装状態に合わせた正確なフィードバック制御を行うことができると共に、自動塗装ラインでも狙い通りの安定した塗装品質を確保することができ、さらには塗着効率の向上なども実現し得る。

【0093】また、被塗装物の塗装状態が良好の場合でも、塗着 N、V が下限基準値以下であるときには、鮮映性の計測値と基準値との差および塗着 N、V の計測値と基準値との差に見合った垂れ修正の補正を行なうことができ、微粒化度が下限基準値以下であるときは、鮮映性の計測値と基準値との差、および微粒化度の計測値と基準値との差に見合った塗着効率補正を行なうことができ、さらに、塗膜厚が基準値以上であるときは、鮮映性の測定値と基準値との差および塗膜厚の計測値と基準値との差に見合った厚塗り補正を行なうことができ、安定した塗装品質を確保することができると共に、塗着効率の向上も実現し得る。

【0094】本発明の請求項 3～10に係わる自動塗装機の制御装置によれば、請求項 2の効果に加えて、塗装品質および塗装要因の計測を正確に且つ迅速に行なうことができ、より一層正確なフィードバック制御を行うことができると共に、塗装品質をさらに高めることができる。

【0095】本発明の請求項 11に係わる自動塗装機の制御装置によれば、被塗装物における複数箇所において

塗装品質および塗装要因を計測することにより、より一層正確な計測を行なうことができ、フィードバック制御に正確な補正値を提供することができると共に、塗装品質をさらに高めることができる。

【0096】本発明の請求項12に係わる自動塗装機の制御装置によれば、自動化ラインにおけるコンベアスピードの制御によって塗装状態に合わせたフィードバック制御を行なうことができ、塗装品質や塗着効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的構成を説明するブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施例を説明するブロック図である。

【図3】塗装状態計測手段を説明するブロック図である。

【図4】粒子飛行過程における溶剤の蒸発を示す説明図である。

【図5】撮像手段の一例を示す断面図である。

【図6】撮像手段において被塗装物上に形成されるスリットの縞模様を示す図である。

【図7】パワースペクトルの周波数特性を示すグラフである。

【図8】塗料粒子の付着と塗装面の形成過程を示す断面説明図である。

【図9】塗料の飛行粒子と付着粒子の関係を説明図である。

【図10】塗料粒子の平均径と波長との関係を示すグラフである。

【図11】塗料粒子径と塗布時間の関係を示すグラフである。

【図12】波長と塗布時間の関係を示すグラフである。

【図13】塗膜表面の平坦化現象を示す説明図である。

【図14】表面粗さとパワースペクトルの関係を示すグ*

* ラフである。

【図15】平滑化理論と測定値の比較を示すグラフである。

【図16】波長とウェット膜厚の関係を示すグラフである。

【図17】塗装条件判定手段の制御を説明するフローチャートである。

【図18】本発明の第2の実施例を説明するブロック図である。

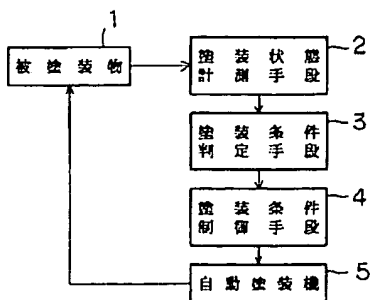
10 【図19】本発明の第3の実施例を説明するブロック図である。

【図20】従来例を説明するブロック図である。

【符号の説明】

- 1 被塗装物（ボディ）
- 2 塗装状態計測手段
- 3 塗装条件判定手段
- 4 塗装条件制御手段
- 5 自動塗装機
- 6 撮像手段
- 7 画像処理手段
- 8 波長演算手段
- 9 波長平均処理手段
- 10 微粒化演算手段
- 11 第1塗着N、V演算手段
- 12 塗料密度演算手段
- 13 第2塗着N、V演算手段
- 15 塗装条件入力手段
- 16 塗料条件入力手段
- 17 シンナー蒸発量入力手段
- 18 測定時間入力手段
- 19 表面粗さ演算手段
- 20 膜厚演算手段
- 21 鮮映性演算手段
- 43 コンベアスピード制御手段

【図1】



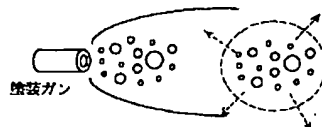
【図4】

①初期塗料N、V

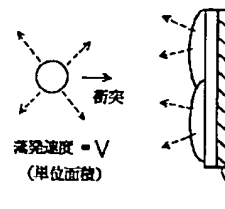
$$=X_0$$

②粒子飛行中の溶剤蒸発

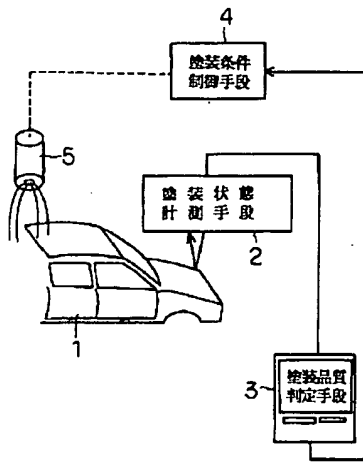
$$\text{粒子径} = R, \text{表面積} = S$$



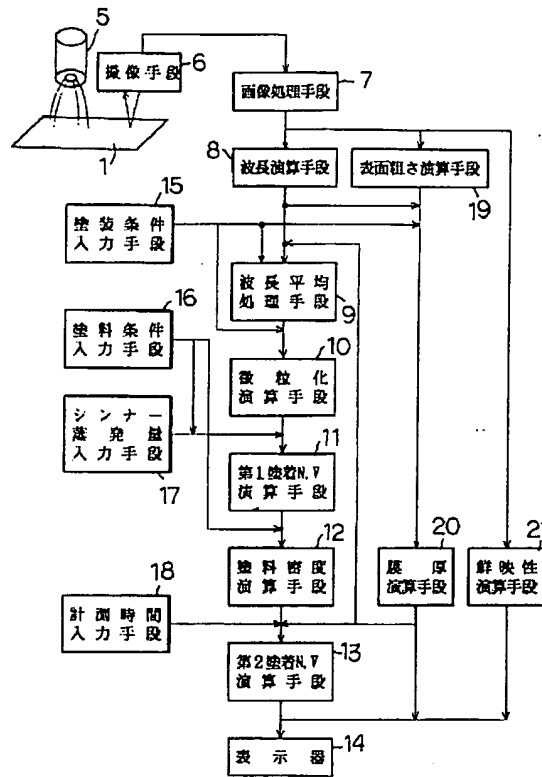
③付着後の溶剤蒸発



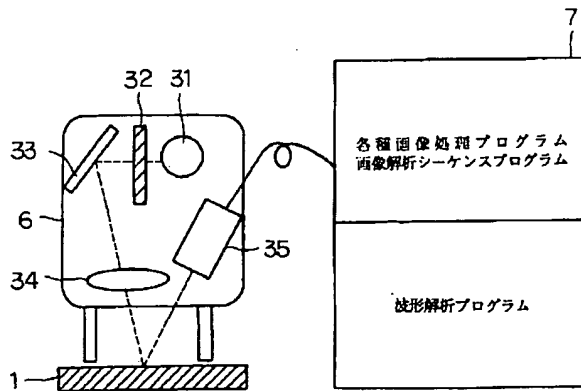
【図2】



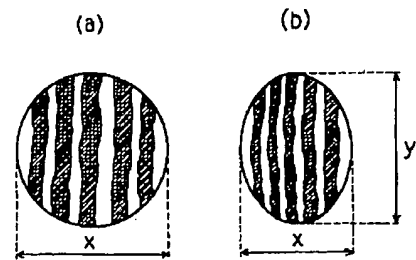
【図3】



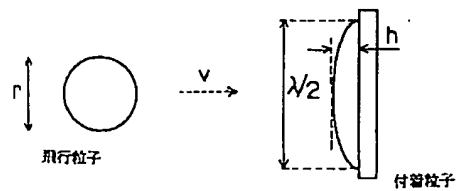
【図5】



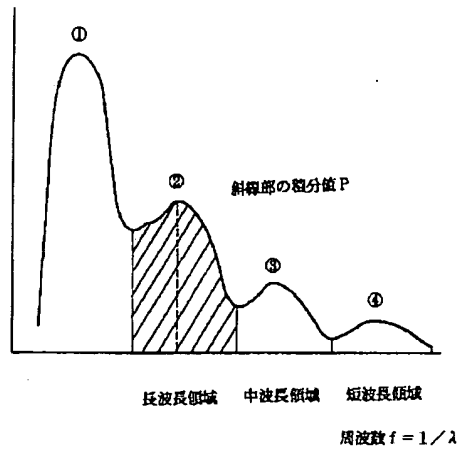
【図6】



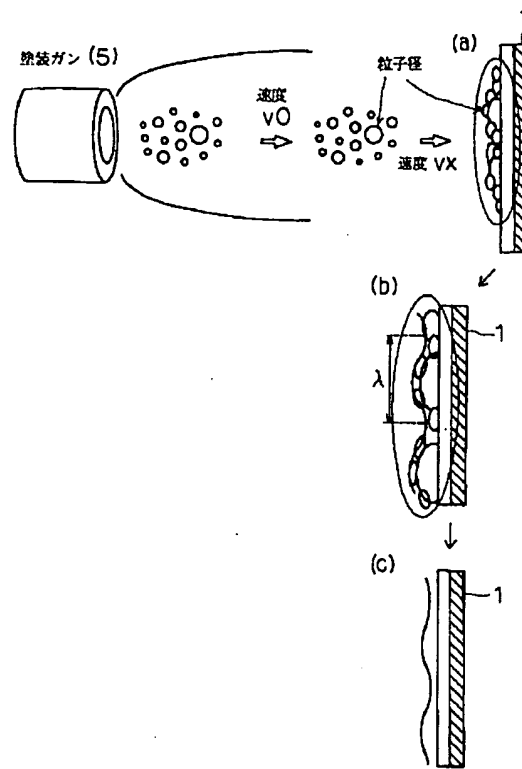
【図9】



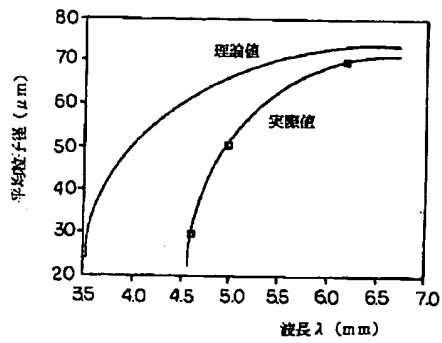
【図7】



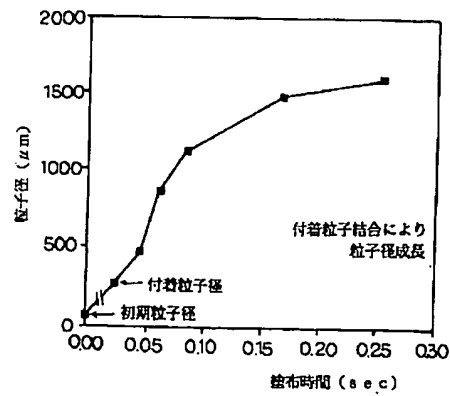
【図8】



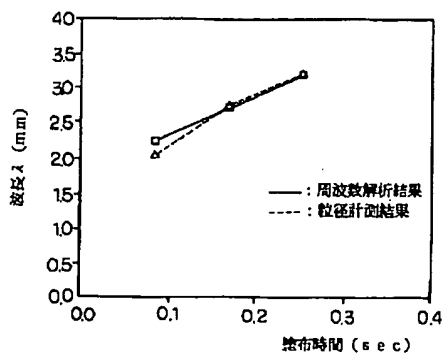
【図10】



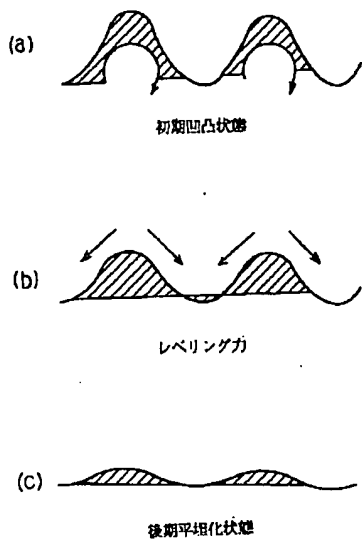
【図11】



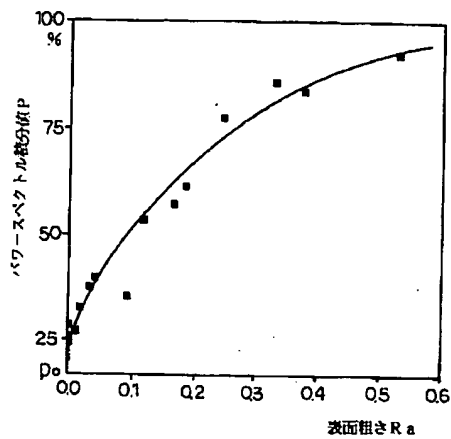
【図12】



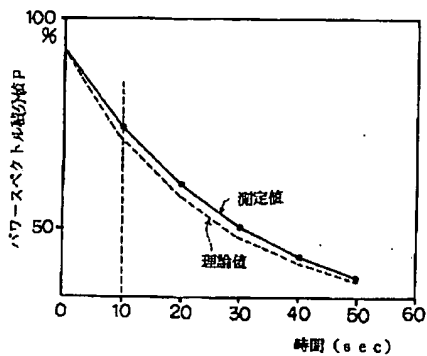
【図13】



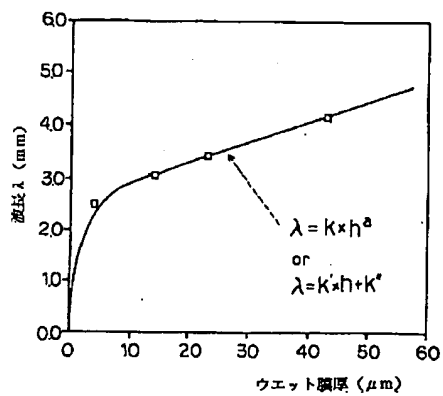
【図14】



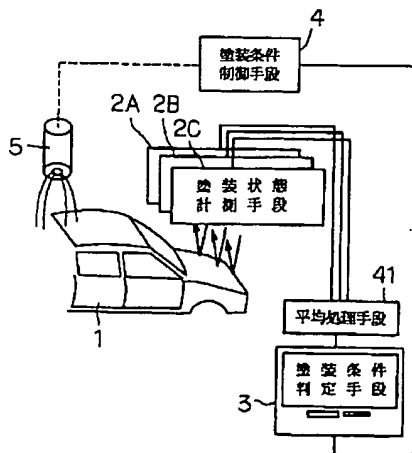
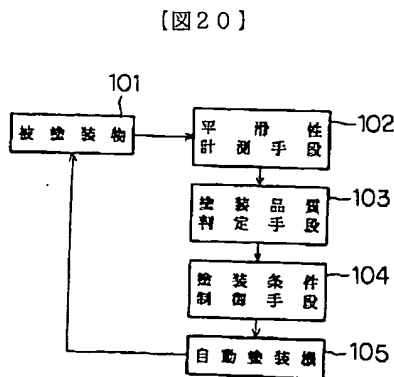
【図15】



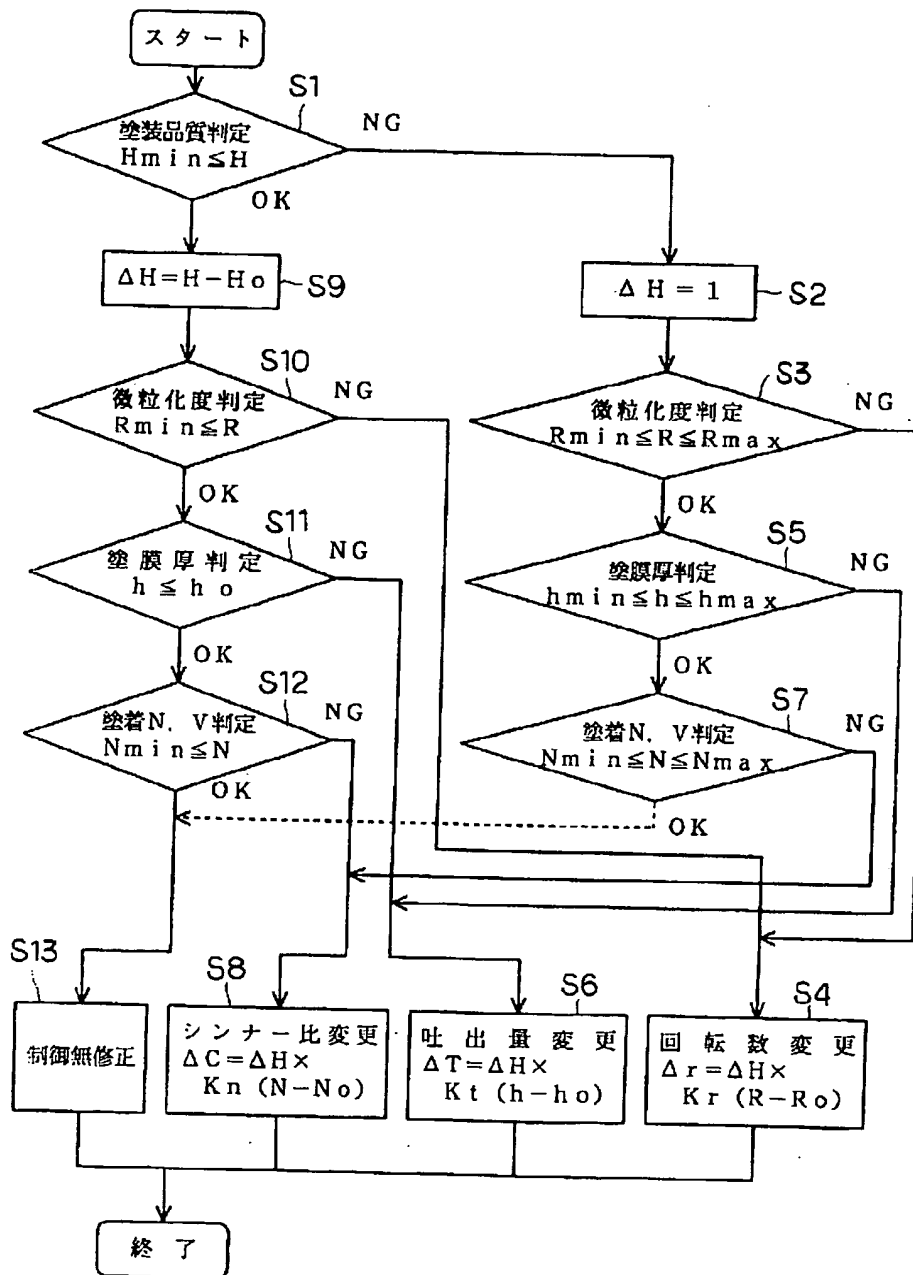
【図16】



【図18】



【図17】



【図19】

